



I. ÉPÜLETSZERKEZETI KONFERENCIA

GÁBOR LÁSZLÓ PROFESSZOR SZÜLETÉSÉNEK 100. ÉVFORDULÓJA TISZTELETÉRE

DR. GÁBOR LÁSZLÓ

ÉPÜLETSZERKEZETTAN

DR. GÁBOR LÁSZLÓ

ÉPÜLETSZERKEZETTAN

DR. GÁBOR LÁSZLÓ

ÉPÜLETSZERKEZETTAN

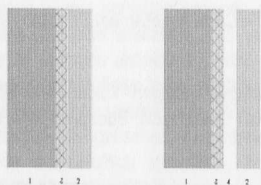
DR. GÁBOR LÁSZLÓ

ÉPÜLETSZERKEZETTAN

Pataky Rita

okleveles építészmérnök, egyetemi mestertanár

NÖVÉNYZET, MINT BURKOLAT



A külső falakat felépítésük szerint

- egyhéjú

- homogén
- réteges

- hőszigetelt
- maghőszigetelt

- kéthéjú, azaz átszellőztetett szerkezeti csoportokba lehet sorolni.

1. ábra Az egyhéjú maghőszigetelt és a kéthéjú falszerkezet elvi rétegfelépítése



1.kép „Kiselemes homlokzatburkolat” vadszőlővel közvetlenül a falszerkezetre futtatva

A kéthéjú- és a maghőszigetelt falszerkezet eleve feltételez egy burkolati réteget, de a többi is ellátható burkolattal. Épületszerkezeti szempontból a legkedvezőbb a kéthéjú falszerkezet.

Különlegesek a növényzettel kialakított homlokzatburkolatok. A zöldhomlokzatok ezen fajtája feltételezi, hogy az épületen a növényzettel takart felület számottevő arányú.

Növényzettel homlokzatburkolat kétféleképpen készíthető:
- kúszónövényekkel támszerkezetre, vagy anélkül („kiselemes homlokzatburkolat”),
- növények gyökérzetét megtartó, függőleges ültetőközeges kialakítással („nagyelemes homlokzatburkolat”).

Hogyan illeszthetők a növényzettel kialakított homlokzatburkolatok a külső falszerkezetek csoportjaihoz, tervezésük során milyen egyéb szempontokat lehet/kell figyelembe venni?

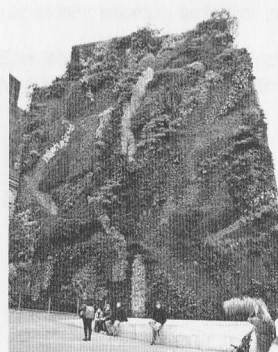
A kétféle növényzettel burkolt homlokzat jelentősen eltér egymástól, így külön kerülnek elemzésre, de előtte érdemes a „növényburkolat” hatásait elemezni.

1.Hatások

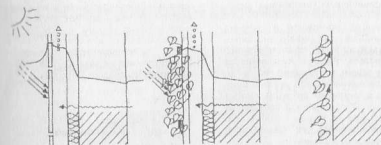
Növények – sok tévhit ellenében – a falszerkezetet nem károsítják, inkább pozitív hatásaiak érvényesülnek. Megfigyelték, hogy léteznek olyan zöldhomlokzatok, melyeket 70-100 év alatt sem kellett a növényzet mögött felújítani, mivel azt a növényzet nem rongálta, hanem védte [6].

1.1. UV-sugárzás elleni védelem

A növények levéltakarója leginkább a kettősfedésű kiselemes tetőfedésekhez, illetve homlokzatburkolatokhoz hasonlít: a levelek



2. kép Függőleges ültetőközeges növényhomlokzat



2. ábra Növényzet hatása a hátszerkezetre

rendszere „zárt” felületet hoz létre, mely védi a hátszerkezetet a nap UV-sugárzásától, azaz annak öregítő hatástól.[6]

1.2. Csapadék elleni védelem

Szélmentes időben a növényzet védi a falszerkezetet a csapadék ellen, megfelelő sűrűségű futónövényzet, függőleges ültetőközeges megoldások esetén a hátszerkezet akár száraz is maradhat. Ez csökkenti a felületi eróziót.

Szeles időben a szél torlónyomása a „felborzolt” levelek között csökkentett mértékben bejuttathatja a csapadékot egészen a hátszerkezetig. A gyorsabb száradás érdekében célszerű átszellőzést kialakítani megfelelő

be és kiszellőző résekkel.[6]

Csapóeső hatására a vakolt homlokzat által felvett nedvesség mintegy hat napos száradási időszak alatt a szerkezetből párologtatással távozik, a párolgás hőt von el a környezetétől, így megnő a szerkezet hővesztesége. Ebből következik, hogy külső szerkezeti réteggént olyan anyag kedvező, amely a külső felületképzés alatt kapillárisan nem veszi fel a vizet. Emiatt célszerű a külső felület hidrofóbizálása. A hidrofóbizálás hatása egyenértékű lehet a hőátbocsátási tényező (U) 0,1-0,15 W/m²K mértékű javításával. [12]

A növénytakaró – csökkentett mértékben ugyan – de hasonlóan működik, mint a hidrofóbizálás.

1.3. Nyári árnyékolás

Kéthéjú átszellőztetett falszerkezetek esetén a falszerkezet és a burkolat közötti légréteg fontos tulajdonsága a nyári hőcsillapítás. A sugárzó hőátadás következtében a légrétegben a levegő a külső léghőmérsékletnél melegebb, a kéményhatás következtében felfelé áramlik, míg alulról a „hűvösebb” külső levegő áramlik a helyébe. Ez a légáramlat hűti a hátszerkezetet, csökkenti annak felmelegedését és kellemesebb komfortérzet alakul ki a belső terekben.

A növények a napfény hatására fotoszintetizálnak: levélkéik a fény felé fordulva megemelkednek. A megemelkedő levelek és a hátszerkezet között kialakul a „kéményhatás”, légmozgás indulhat meg, így „növényburkolat” esetén a hűtőhatás – bár kisebb mértékben, de – külön átszellőző légrés nélkül is létrejön.



3.kép Napfény hatására megemelkedő levélkék

A növényzet automatikus, napérzékelő, mozgó lamellaként működik, ezzel fokozva az árnyékoló-védő hatást. A hőcsillapítás és az árnyékolás hatására csökken a hátszerkezet hőmozgása, kisebb feszültségek keletkeznek, ami lassítja a hátszerkezet öregedését, hosszabb élettartamot tesz lehetővé.

Külső falak felületi hőmérséklete anyagától, színétől függően nyári napon akár 40-60 °C-ra is emelkedhet a déli órákban.

Az eddigi végzett kísérletek alapján megállapítható, hogy a növények a külső léghőmérsékletnél jellemzően nem melegednek fel jobban (Bartfelder és Köhler 1987, Köhler 2005)[11], míg a növényzet mögötti falszerkezet felületi hőmérséklete a léghőmérséklet alatt marad. [7] Ennek oka, hogy a levelek a napsugárzás cca. 5-25 %-át visszaverik, 20-40 %-t párologtatásra, míg cca. 5-20 %-t fotoszintézisre fordítanak, így a teljes energiamegnyiség töredéke melegíti a lombzat által árnyékoló részt.[6] Ehhez hozzájárul az árnyékolás, a párologtatás és a kialakuló légmozgás.

Mivel a növényzet hőmérséklete jellemzően a léghőmérséklet alatti vagy a közeli értéket vesz fel, így lényegesen akadályoztatás nélkül lehetővé teszi az épület éjszakai lehűlését.

Fenti megfigyeléseket támasztotta alá Akira Hoyano professzor (Tokyo Institute of Technology) 2003-as kísérlete, ahol nyers beton homlokzatot, növényzettel futtatott homlokzatot és függőleges ültetőközeges kialakított

növényburkolatú falszerkezeteken végzett méréseket. A legnagyobb különbségek a kora délutáni órákban adódtak, amikor a nyersbeton felület cca. 36 °C-ra, a léghőmérséklet és a növényzettel futtatott homlokzat cca. 31,5 °C-ra, míg a függőleges ültetőközeges növényburkolatú falszerkezet cca. 27,5 °C-ra melegedett fel. Ez azt jelenti, hogy a növényzettel befutott homlokzat esetén a különbség cca. 4 °C volt, míg a függőleges ültetőközeges növényburkolat esetén már cca. 10 °C. [2] A fenti értékeket támasztják alá Rudi Baumann által 1982-ben végzett kísérletek, mely során a legnagyobb hőmérsékletkülönbség 4,3 °C-t, míg a napi átlag 1-2,5 °C hőmérsékletkülönbséget mutatott. [7]

Ez a belső tér hűtésére komoly kihatással van, mivel a belső levegő hőmérsékletét a kellemes közérzet kialakításához legfeljebb 5 °C-szal alacsonyabb hőmérsékleten célszerű beállítani és ez már magával a növényzettel megvalósítható.

1.4. Téli hővédelem

Ha a szerkezetben légréteget alakítunk ki, azon át nemcsak vezetéssel jut át hőáram. A hőmérsékletkülönbségek okozta sűrűségkülönbségek miatt a levegő áramlik, tehát hőátadás (konvekció) is lejátszódik. A légréteget határoló két szembenéző felület között sugárzásos hőcseré is kialakul. Bonyolítja még a helyzetet az, ha a légréteg nem teljesen zárt, hanem a környezettel összekötöttségben van. [12] A kéthéjű szerkezetek esetén az MSZ-04-140 alapján intenzív szellőzés alakul ki, így annak érdekében, hogy a levegő, mint többlet hőszigetelés beszámítható legyen, a légrétegre részletes energiamérleget kellene számítani. E helyett kerül az a közelítés alkalmazására, hogy a légrétegben uralkodó hőmérséklet a külső léghőmérséklettel egyezik meg.

Örökzöld növények esetén télen a levélkék „pikkelyszerűen” egymásra takarnak, és így a zárt burok mögött nyugvó légréteg alakul ki, ami növeli a falszerkezet hőszigetelő értékét. Ebben az esetben a légréteggel, mint közepesen kiszellőztetett légréteggel [13] lehet számolni.

Ennek mértékére az utóbbi időben nem folyt kutatások, csak régebbi értékek állnak rendelkezésre, melyek jelentős hőszigetelő értéket tulajdonítottak a növényzet mögött kialakuló légréteggel [6][7], ami azonban csak szélcsendes időben mutatkozik meg, mert a szél „összeborzolva” a levélkéket megszünteti a nyugvó levegő jótékony hatását.

A mai vélekedések szerint, ahogyan arról 2008-ban T. Brandwein is beszámolt, a mai energetikai rendelkezések megfelelően kialakított épületeknél, de még a régebbi épületeknél sem lehet 3-5%-nál nagyobb hővesztéscsökkenéssel számolni. [11]

1.5. Szél elleni védelem

Egy függőleges felület mellett a hőmérsékletkülönbség, illetve az abból származó sűrűségkülönbség következtében élénk légmozgás és ezzel együtt nagyobb hőátadási tényező alakul ki. [12]

Bár a szakirodalomban ezzel kapcsolatban igen kevés publikáció található, a tapasztalatok alapján zárt, egyenes növényzet levélzete a szél hatására megemelkedik, ezzel turbulens áramlatokat létrehozva a függőleges fal előtt, ami csökkenti a szél hűtő-hatását. Változatos növényű, erős ágú növények hatása még jelentősebb, még télen lombkorona nélkül is! [6]

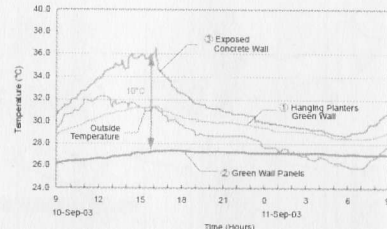
1.6. Téli hőnyereség

A lombhullató növényfajták esetén a lomb elvesztése lehetőséget nyújt arra, hogy a napsütötte homlokzatokat a téli nap felmelegítse, ezáltal csökkentsék azok lehűlését, illetve késleltetett hóleadását, és ezáltal járul hozzá a hővesztéscsökkenéshez.

1.7. Hangszigetelés

A szakirodalomban nem találhatók növényzettel burkolt falszerkezetek hanggátlására vonatkozó kísérletek, így jelentőségét gyakran túlbecsülik [7], mégis számítási modellek alapján akár 5 dB javulást is feltételeznek,

● Temperature variation of Green Walls



3. ábra Akira Hoyano mérési eredményei 2003.

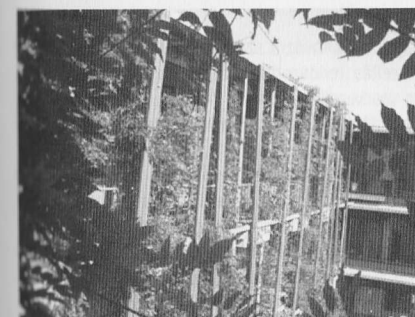
melynek nagy jelentősége lenne a városi hangnyomásszint csökkentésében. [11]



4. kép Közvetlenül a falszerkezetre futó növényzet



5. kép Támszerkezetre futó növényzet



6. kép Ültetlédás megoldás kezelőhíddal



7. kép Növénykaszetták kezelőhíddal

1. Kúszónövényekkel közvetlenül vagy támszerkezettel befuttatott homlokzat

Az ilyen módon kialakított zöldhomlokzat egy olyan különleges szerkezet, ahol a burkolatot egy élő szervezet, a növényzet adja. Ez a természet, az évszakok váltakozásával folyamatosan változik, a lombhullatók télen elvesztik lombjukat, az egynyári növényeket minden évben újra kell telepíteni, vannak erősen vagy kevésbé burjánzó fajták, így a „burkolat” vastagsága csak becsülhető, ténylegesen nem számszerűsíthető. Fentiek miatt befuttatott zöldhomlokzatok tervezése során javasolt a homlokzatot esztétikai, szerkezeti szempontból úgy kialakítani, mintha növénytelepítéssel nem számolnánk, annak ellenére, hogy a növényfedettség után már átszellőztetett kéthéjű falszerkezetként viselkednek.

Pozitív hatásai annál nagyobb mértékben érvényesülnek, minél fedettebb a homlokzat.

A hatásokat elemezve megállapítható, hogy az időjárásnak jobban kitett homlokzatzfelületekre örökzöld növényeket érdemes telepíteni, míg a napsütötte oldalakra inkább a lombhullató növények telepítése javasolható.

2. Függőleges ültetőközeges zöldhomlokzatok

Az előző csoporttól jelentősen eltérnek az ültetőközeges zöldhomlokzatok, mert már a letelepítésén az ültetőközeg „folyamatos” felületet képez.

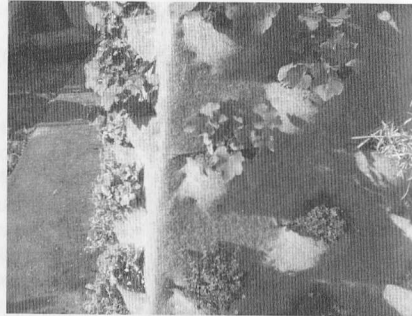
A „függőleges kert” esetén szinte bármilyen növény alkalmazható. Ezen megoldás feltételez egy függőlegesen elhelyezett speciális ültetőközeg, illetve folyamatos tápanyag- és nedvességutánpótlást. Az ültetőközeg elhelyezése a legváltozatosabb formában fordul elő:

- növénykaszettákban kezelőhíddal ellátott állvány-szerkezeten;
- önhordó növénykaszetták a teherhordó fal elé, közvetlenül a teherhordó falra, vagy tartóvázra szerelve;
- önhordó ültetőközeg-lapok tartóvázra vagy közvetlenül a falszerkezetre szerelve.

Kezelőhíddal kialakított homlokzatburkolat épületszerkezeti szempontból a nagy légréteg és a külső falszerkezettől függetlenül kialakítás miatt inkább az árnyékolóhoz hasonlít, így ezen szerkezet nem kerül elemzésre.



8.kép Növénykazetták a falszerkezetre szerelve



9.kép Ültetőközeg-lapos megoldás

A növénykazettás kialakítás esetén fém vagy műanyag kazettákban helyezik el az ültetőközeget. A kazettákat - mint nagytáblás burkolóelemeket - hézagokkal vagy hézagok nélkül függőleges helyzetben közvetlenül a falszerkezethez, vagy vázszerkezetre rögzítik.

A szükséges nedvesség és tápanyagutánpótlást csepegtető vagy izzadó csőrendszer biztosítja. A növények párologtatása és az állandóan nedves ültetőközeg befolyásolja a környezet páratartalmát.

Az egyes kazetták között a szél torlónyomása hatására a csapadékvíz a kazetták mögé kerülhet, ezáltal nedvesítve a falszerkezetet és/vagy a hőszigetelést. A fém vagy műanyag növénykazetták nagy páradiffúziós ellenállással rendelkeznek, így a mögé bejutott nedvesség csak nagyon nehezen tud távozni, ugyanúgy, mint a belső tér felől a szerkezethez jutó pára.

Fentiek alapján a közvetlenül a falszerkezetre rögzített kazetták maghőszigetelt falként működnek. Ilyen szerkezetek kialakítására csak megfelelő páratechnikai méretezés után kerülhet sor, valamint a hőszigetelés csak nem nedvszívó anyagból készülhet.

Vázszerkezetre rögzített kazetták esetén a „párazáró” tulajdonságú kazetták mögött a feldúsult páratartalmú levegő az átszellőztetett falszerkezetekhez hasonlóan a légréteg intenzív átszellőztetésével eltávolítható. Ehhez azonban megfelelő be- és kiszellőző nyílásokra van szükség, ami sok esetben nehezen biztosítható – és még a tűzvédelemmel is egyeztetni szükséges. Hézagosan elhelyezett növénykazetták esetén a kéményhatás kialakulása kérdéses.

Fentiek alapján ezen szerkezetcsoporthoz a légréteg az épületfizikai méretezés során inkább csak „szerelési távolságként” érdemes figyelembe venni: így elképzelhető, hogy páratechnikai réteg elhelyezése válik szükségessé.

Hézagosan elhelyezett növénykazetták egyes elemei között esetlegesen bejutó csapadékvíz ellen a hátszerkezetet megfelelő védelemmel kell ellátni. Erre a legmegfelelőbbek a kis páradiffúziós ellenállású („páraáteresztő”), de vízzáró homlokzati fóliák.

Az önhordó ültetőközeg lapokat jellemzően szorított hézagokkal tartóváza szerelik. Ezek a szerkezetek az előbbiekben ismertetett vázszerkezetre szerelt növénykazettás rendszerhez hasonlóan az átszellőztetett falszerkezetek csoportjába sorolhatók lennének. Azonban szerkezeti sajátosság, hogy az ültetőközeg lap a falszerkezet felé takaratlan, így a nedvesség- és tápanyag utánpótlás miatt a légrétegben biztosan a pára feldúsulásával lehet számolni.

Közvetlenül a falszerkezetre szerelt ültetőközeg lapok esetén a nedvesség- és tápanyag utánpótlás már a falszerkezetet és/vagy a hőszigetelést károsíthatja. A hátszerkezet védelmében az ültetőközeg lapok mögött szigetelőlemez elhelyezése válik szükségessé. Ez a rétegfelépítés az extenzív telepítésű zöldtetőkhöz hasonlít – csak függőleges kialakításban. A lapostető szigetelésekkel ellentétben a függőleges falfelületen az egyes rétegeket mechanikai rögzítéssel lehet leesés és szélszívás ellen rögzíteni, ezért inkább egyenes rétegrend alkalmazása javasolt. Ez a kialakítás azért is kedvezőbb, mert így „csak” a „leterhelő réteg”, azaz az ültetőközeg lapok mechanikai rögzítései szűrjék át a szigetelést. A mechanikai igénybevétel miatt a hőszigetelés kiválasztásánál a hasznosított tetőkhöz hasonlóan kell eljárni.

Összegzés

A növényburkolatos homlokzatok kialakításmódjuk, hatásaik révén a maghőszigetelt, illetve a kéthéjú átszellőztetett falszerkezetek csoportjaiba tartoznak. Tervezésük során az építészeti, statikai megfontolások mellett épületfizikai méretezés is igényelnek annak érdekében, hogy közismert ökológiai előnyeik együtt érvényesüljenek hosszútávon a szerkezeti előnyökkel.

Irodalomjegyzék:

- [1] Susan Loh: Living Walls – a way to green the built environment; *BEDP Environment Design Guide August 2008. TEC 26 Summary* www.environmentdesignguide.net.au/media/TEC26.pdf [2010.10.30.]
- [2] Lisa Gartland: Heat Islands: Understanding And Mitigating Heat In Urban Areas; Earthscan, 2008 http://books.google.hu/books?id=wokqndknbic&pg=pa110&pg=pa110&dq=hoyano+tokio&source=bl&ots=cgjsosjswj&sig=mihwrnb_5ldmvvjirk-3yjzndk&hl=hu&ei=9chytnaafy_1sgan753ybww&sa=x&oi=book_result&ct=result&resnum=4&ved=0ccsq6aewaw#v=onepage&q&f=false [2010.10.30.]
- [3] Zöld szerkezetek, Zöld anyagok, zöld homlokzatok, zöld tetők – Green design, green materials, green facades, green roofs; *Ybl Miklós Műszaki Főiskola „Az épített környezetért” Alapítvány Budapest 1998*
- [4] Cerstin Finke – Julia Osterhoff: Zöld homlokzatok; *Cser Kiadó Budapest 2002*
- [5] Pataky Rita: Bioépítéssel – építkezés a természet anyagaival; *OMIKK Környezetvédelmi füzetek 1994/22*
- [6] Per Krusche – Dirk Althaus – Ingo Gabriel – Maria Weig-Krusche: Ökologisches Bauen; *Bauverlag GmbH Wiesbaden und Berlin 1982*
- [7] Rudi Baumann: Begrünte Architektur – Bauen und Gestalten mit Kletterflanzen; *Callwey München 2. korr. Auflage 1985*
- [8] Pataky Rita: Növényzettel telepített homlokzatok épületszerkezeti kérdései; *Zöldtetők zöldhomlokzatok Tudományos Konferencia Győr 1997.02.27-28. TIT Pannon Egyesület p93-104.*
- [9] Pataky Rita: The Role of Green Roofs and Green Facades in Reconstructions; *Zbornik z konferencie s medzinárodnou účasťou - Porucha a obnova obvodových plastov a striech, Technická universita v Kosíciach – Stavebná fakulta Dom techniky Kosice (apríl 2010) p. 175-180.*
- [10] Pataky Rita: Zöldhomlokzatok – Álomból valóság; *Zöldhomlokzatok Konferencia 2010.09.29. Építész-továbbképző – FUGA Budapest*
- [11] „Ein Pflanzenmantel für ein ausgeglichenes Klima” - Ein Leitfaden für die Fassadenbegrünung; „die umweltberatung” *Wien Themenbereich Grünraum und Garten November 2009* http://images.umweltberatung.at/html/leitfaden_fassadenbegruenung.pdf [2010.10.30.]
- [12] Épületfizika <http://www.nordikal.hu/akademia> [2010.10.28.]
- [13] MSZ-04-140-2:1991 Épületek és épülethatároló szerkezetek hőtechnikai számításai – HŐTECHNIKAI MÉRETEZÉS